

Ku 대역 통신방송위성(CBS) 탑재체 안테나 개발

윤소현, 김영철*, 이점훈, 박종홍, 이성팔, 우형제*
한국전자통신연구원 통신방송위성개발센터
*한국항공우주산업주식회사 우주개발연구센터

Development of the Ku band Antenna Subsystem for the CBS Payload System

So-Hyeun Yun, Yeong-Cheol Kim*, Jeom-Hun Lee, Jong-Heung Park, Seong-Pal Lee,
Hyung-Je Woo*

Communication Satellite Development Center, Electronics and Telecommunications Research Institute

Space Development & Research Center, Korea Aerospace Industries, Ltd.

E-mail : yoonsh@etri.re.kr, kycheol@koreaaero.com*, [hoonlee, jpark, spallee]@etri.re.kr,
hjwoo@koreaaero.com*

Abstract

한반도와 그 주변 지역에 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해 통신방송위성(CBS: Communications and Broadcastings Satellite) 탑재체의 Ku 대역 안테나가 개발되었다. Ku 대역 안테나는 성능 요구 조건을 만족하도록 설계 되었으며 일련의 시험을 통해 성능 검증이 이루어졌다. 일련의 시험은 초기 성능 시험(IFPT: Initial Functional Performance Test), 환경 시험, 최종 성능 시험(FPPT: Final Functional Performance Test)으로 구성되며 이를 통해 반사 손실, EOC(Edge Of Coverage) 이득, 사이드로브 레벨, 교차 편파 분리도등의 전기적 성능과 발사 및 우주 환경에서 강건함이 확인되었다.

전혼, 직교모드 변환기(OMT), 중계기와 인터페이스를 위한 도파관으로 구성된다. 통신방송위성 탑재체 중 위성 탑재용 안테나는 우주 공간에 직접 노출되므로 우주 인증이 이루어져야 한다. 우주 인증은 우주 환경을 모사한 엄격한 환경 시험을 통해 수행되며 환경 시험 전후로 탑재체 안테나의 전기적 성능을 비교하고 규격 만족 여부를 분석함으로써 우주에서의 생존 가능성을 예측할 수 있다. Ku 대역 안테나의 전기적 설계 결과는 2장에 설명되었고, 성능 및 우주 인증을 위한 일련의 시험 결과들은 3장에 기술되었다. 결론은 마지막 4장에 보였다.

I. 서론

위성 통신망은 지상 통신망에 비해 넓은 지역을 대상으로 통신 회선을 설정할 수 있으며, 지상망 접근이 어려운 지역에도 쉽게 통신 서비스를 제공할 수 있는 많은 장점을 가지고 있다. 위성 개발의 중요성이 높아짐에 따라 ETRI는 위성을 통한 멀티미디어 서비스의 요구를 만족시키기 위해 Ku 대역 통신방송위성(CBS) 탑재체를 개발하였다[1,2]. Ku 대역 안테나는 반사판, 급

II. 안테나의 전기적 설계

CBS Ku 대역 안테나는 전개형 오프셋 파라볼라 형태로 송수신 겸용이며 위성체의 동측 패널에 부착된다. 위성체는 동경 113 도 정지 궤도에 위치하며, 한반도 전역을 서비스하기 위해 북위 37.75 도 동경 128 도 지점을 중심으로 1.2 도 원형 빔을 커버리지로 갖는다. 설계된 안테나는 초점 거리 1.5m, 개구면 직경 1.4m 를 갖는 반사판과 개구면 직경 110mm 의 코루게이트 급전혼과 직교모드 변환기를 갖는 급전부로 구성된다[3]. 설계 완료된 Ku 대역 안테나는 그림 1 과 같은 구조를 갖는다.

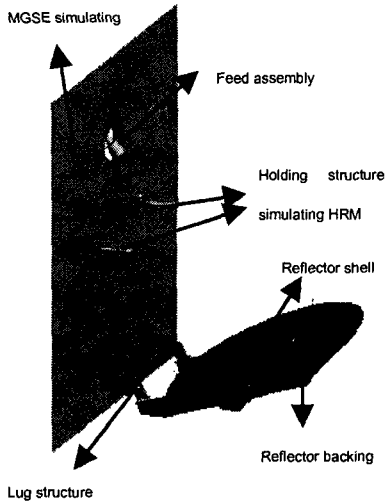


그림 1 전개형 오프셋 파라볼라 안테나 구조

안테나의 성능 해석은 TICRA 사의 S/W 로 수행되었다. 그림 2 와 그림 3 은 송신과 수신 대역에서의 동일 편파 지향도를 나타낸 것이다[4].

CBS 안테나의 송신 포트는 80W 로 동작하는 3 개의 채널이 동시에 입력되며 이를 견디기 위해서는 3dB 전력 수용 마진이 고려되어야 한다. 이는 multipactor 안정 조건[5]과 전계 해석을 통해 계산된다. 안정 조건에 의한 문턱 전계는 545.7kV/m 이며, 전계 해석을 통한 최대 전계는 1W 당 6.9kV/m 이다. 따라서 안테나의 추정 문턱 전력은 6.2kW 로 최대 전력에 비해 8dB 마진을 가지며 요구 규격인 3dB 마진을 만족 하였다.

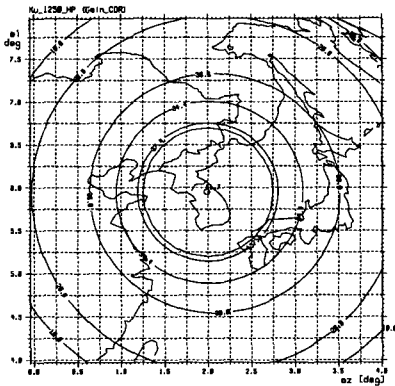


그림 2 송신 대역 동일 편파 지향도

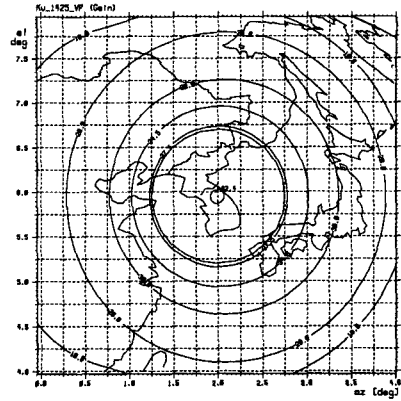


그림 3 수신 대역 동일 편파 지향도

III. 안테나 시험 결과

CBS Ku 대역 안테나를 구성하는 급전부는 안테나 구조물에 장착되기 전에 우주 인증이 이루어졌으며[3] 안테나 또한 우주 인증이 이루어져야 한다. 우주 인증은 발사 및 우주 환경에 안테나를 노출 시킨 후의 전기적 성능을 평가함으로써 이루어진다.

안테나의 방사 패턴은 ETRI 근역장에서 수행 되었다. 안테나 패턴의 정밀 측정을 위해 그림 4 에서 보인 것처럼 theodolite 를 사용해 range alignment 를 수행하였다. 이는 초기 성능 시험 및 최종 성능 시험 전에 각각 수행 되었다. 반사 손실과 송/수신 격리도는 청정실에서 혼의 개구면에 흡수체를 두고 수행 되었다.

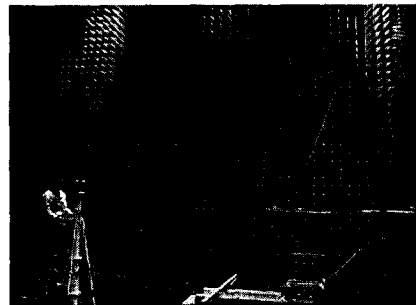


그림 4 Range Alignment

환경 시험은 진동 시험과 열 진공 시험으로 구분 된다. 사인 진동 시험은 그림 5 와 같이 shaker 위에 접혀진 상태의 안테나를 놓고 x, y, z 축에 대해 표 1 과 같은 인증 레벨로 수행되었다. 최소 고유 진동수는 61.2Hz 로 요구 사항인 50Hz 이상 조건을 만족 하였다.

낮은 크기 사인 검사에서 고유 진동수의 최대차는 모든 축에 대해 5%이내 였다.



그림 5 진동 시험 장치

표 1. 사인 진동 시험 레벨

Sine Vibration (X, Y, Z axis)	
Frequency Range (Hz)	Qual. Level (0-peak)
10-24	12.7mmDA
24-36	15g
36-55	20g
55-100	7g
Sweep Rate	2oct/min

그림 6 은 열 진공 챔버 내에 설치된 안테나를 보인 것이다. 시험은 챔버 내에서 5 주기 동안 -150°C 에서 $+140^{\circ}\text{C}$ 로 온도를 변화시키면서 이루어졌다.



그림 6 열 진공 시험 장치

진동 시험과 열 진공 시험 후 육안 검사를 통해 안테나의 상태가 이상이 없음을 확인 하였다.

우주 인증을 위해 환경 시험을 거친 안테나는 최종 성능 시험을 통해 성능 검사가 이루어졌다. 환경 시험 후 안테나의 EOC 이득은 그림 7 과 그림 8 에 보인 것과 같이 송신 대역 최저 이득은 38.22dB 이고, 수신 대역 최저 이득은 38.10dB 로 모든 주파수에 대해 규격을

만족 하였다. 측정된 결과는 해석 결과와 유사하며 동일 편파에 대한 비교를 그림 9 에 보였다.

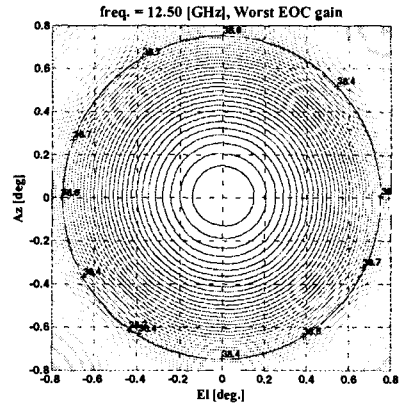


그림 7 FFPT 시 송신 대역 EOC 이득 Contour

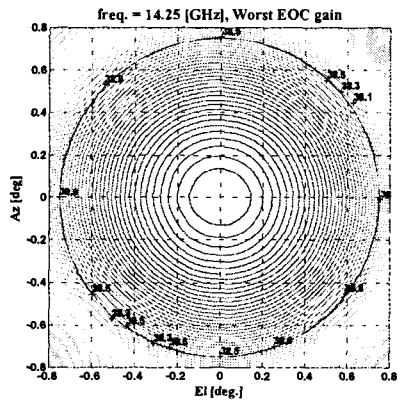


그림 8 FFPT 시 수신 대역 EOC 이득 Contour

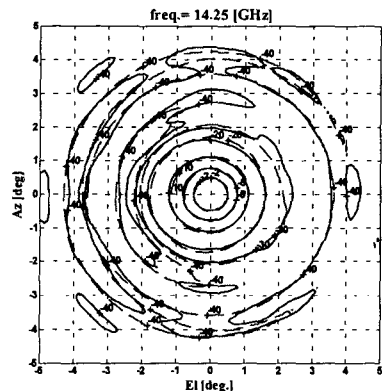


그림 9 FFPT 결과와 해석 결과 비교 Contour

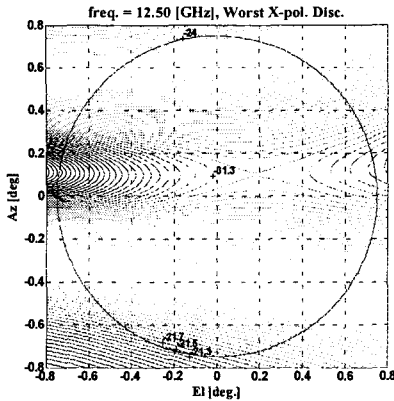


그림 10 FFT 시 송신 대역 교차 편파 분리도

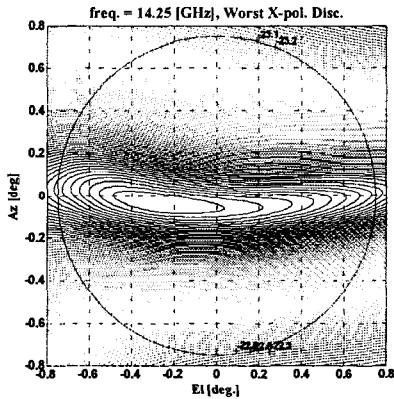


그림 11 FFT 시 수신 대역 교차 편파 분리도

표 2. 최종 성능 시험 결과

Test Parameter	Spec.	Meas.
Tx EOC Gain (dB)	>37.4	38.22
Rx EOC Gain (dB)	>37.5	38.10
Tx Sidelobe Level (dB)	<-30	-34.28
Rx Sidelobe Level (dB)	<-28	-32.17
Tx Gain Slope (dB/deg.)	<10.5	8.72
Rx Gain Slope (dB/deg.)	<10.5	10.95
Tx X-pol. Discrimination (dB)	>20	21.41
Rx X-pol. Discrimination (dB)	>20	20.96
Tx Return Loss (dB)	>18	22.3
Rx Return Loss (dB)	>18	25.0
Tx/Rx Isolation (dB)	<-35	-49.5

최저 교차 편파 분리도는 송신 대역에서는 21.4dB, 수신 대역에서는 21.0dB 이며 그림 10 과 그림 11 에 최종 성능 시험 결과를 나타내었다. 각 시험 항목별 최종 성능 시험 결과를 표 2 에 정리하였다. 표 2 에 나타난 바와 같이 최종 성능 시험 결과에서 수신 이득 기울기는 안테나 규격을 만족하지 못하였으나 탑재체 시스템 레벨에 미소 영향만을 주어 성능에는 문제가 없음이 확인되었다.

V. 결론

본 논문에서는 CBS 탑재체 안테나의 개발에 대한 전반적인 과정들이 설명되었다. 안테나의 성능은 초기 성능 시험, 환경 시험, 최종 성능 시험을 통해 평가되었다. Ku 대역 CBS 안테나는 진동 시험과 열 진공 시험을 포함한 우주 환경에 노출된 후에도 전기적 성능 규격을 만족함으로써 우주 인증이 이루어졌다. 개발된 Ku 대역 안테나는 한반도 지역의 통신위성 시스템에 활용 될 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 이성팔, 정태진, 은종원, 박종홍, 염인복, 정철오, “국내통신방송위성 탑재체 개발 현황”, 통신위성 우주 산업연구회, 제 10 권 1 호, pp.99-113, 2002 년.
- [2] 한재홍, 윤소현, 박종홍, 이성팔, “통신방송위성 안테나 개발 및 시험 절차”, 한국항공우주학회 춘계학술대회 논문집, pp.532-535, 2001 년.
- [3] 윤소현, 이점훈, 김영철, 한재홍, 박종홍, 이성팔, “Ku/Ka band Feed Assembly for the CBS Antenna Subsystem”, *The 3rd ETRI-CRL Joint Conference*, Nov., 2002.
- [4] 한재홍, 윤소현, 엄만석, 박종홍, 이성팔, “CBS Ku 대역 안테나의 제작/정렬 오차 민감도 해석”, 한국전자과학기술 논문지 제 14 권 2 호, pp.168-177, 2003 년.
- [5] A. Woode and J. Petit, “Design Data for the Control of Multipactor Discharge in Spacecraft Microwave and RF Systems”, *Microwave Journal*, Jan., 1992.
- [6] 윤소현, 한재홍, 이점훈, 박종홍, 배덕기, 김영철, “Design and Test Results of the Ka band Feed Assembly for the CBS Antenna Subsystem”, *The 13th JCCI*, May, 2003.